

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



**Process for sintering green parts comprises surrounding the green part with a finely ground material and sintering the part from below**

**Patent number:** DE10014950  
**Publication date:** 2001-05-03  
**Inventor:** STETTIN ANDREAS (DE)  
**Applicant:** FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE)  
**Classification:**  
- **international:** B22F3/10; C04B35/622; B22C7/00; B22F3/105  
- **european:** B22F3/10, C04B35/64  
**Application number:** DE20001014950 20000322  
**Priority number(s):** DE20001014950 20000322

**Abstract of DE10014950**

Process for sintering green parts comprises surrounding the green part with a finely ground material which does not form a bond with the green part at the process temperature and sintering the part from below. The finely ground material is preferably sealed to avoid hollow chambers. The material is a ceramic powder.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide





①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 100 14 950 C 1

⑨ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 22 F 3/10**  
C 04 B 35/622  
B 22 C 7/00  
B 22 F 3/105

②① Aktenzeichen: 100 14 950.2-24  
②② Anmeldetag: 22. 3. 2000  
④③ Offenlegungstag:  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 3. 5. 2001

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE  
  
⑦④ Vertreter:  
PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 10707 Berlin

⑦② Erfinder:  
Stettin, Andreas, Dipl.-Ing., 39114 Magdeburg, DE  
  
⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
JP 07278608 A, Zusammenfassung veröff. in Pat.  
Abstr. of Japan vom 24.10.95;  
JP 4-21704 A, Zusammenfassung veröff. in Pat.  
Abstr. of Japan vom 06.05.92, Bd.16, No.184;  
JP 58-113302, Zusammenfassung veröff. in Pat.  
Abstr. of Japan vom 30.09.83, Bd.7, No.221;

- ⑤④ Verfahren zum Freiformsintern eines Grünteils  
⑤⑦ Es wird ein Verfahren zum Freiformsintern eines Grün-  
teils zur Herstellung von Sinterteilen mit formgebender  
Fläche vorgeschlagen. Das Grünteil wird mindestens mit  
seiner formgebenden Fläche und Seitenflächenbereichen  
mit einem feinkörnigen Material, das mit dem Grünteil bei  
Prozeßtemperatur keine Verbindung eingeht, umgeben.  
Anschließend wird das Grünteil mit der formgebenden  
Fläche nach unten gesintert.

DE 100 14 950 C 1

DE 100 14 950 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Freiformsintern von Grünteilen zur Herstellung von Sinterteilen, insbesondere im Rahmen des indirekten Lasersinterverfahrens (SLS), des 3D-Printing und des Metallspritzformverfahrens (MIM).

Unter einem Grünteil wird ein Gemenge aus Funktionswerkstoff und Bindemittel in der Form eines zu erzeugenden Bauteils, aber zum Ausgleich der Schrumpfung beim Sintern in der Regel um Skalierungsfaktoren vergrößert, verstanden. Das Bindemittel wird benötigt, um die Partikel des Funktionswerkstoffs in dem Bauteil zu fixieren. Es wird während des Sinterns ausgebrannt. Ein Verfahren zum Sintern von Grünteilen zur Bildung eines Bauteils ist das Freiformsintern, das sich von anderen Sinterarten darin unterscheidet, daß das Grünteil ohne Form über ein Bindemittel in Form und drucklos gesintert wird. Bei dem Freiformsintern müssen gegenüber dem Drucksintern in vorgegebenen Matrizen eine Reihe von Nachteilen in Kauf genommen werden. Da der Grünling vor dem Sintern eine relativ geringe Dichte aufweist, ist die Schrumpfung relativ hoch und steigt mit dem Bindemittelgehalt. Weiterhin hat die Schwerkraft einen relativ hohen Einfluß auf die Sintervorgänge und die Genauigkeit der Sinterprodukte ist relativ schlecht. Diese Nachteile treten um so deutlicher zutage, je größer die Masse des zu sinternden Bauteils ist.

Bei der Erzeugung von Werkzeuggeometrien für Spritz- und Druckgußwerkzeugeinsätze besteht die Besonderheit, daß eine formgebende Seite bzw. Fläche und fünf im wesentlichen gerade Flächen vorhanden sind. Diese beiden Gruppen unterscheiden sich aufgrund ihrer Geometrien in der Fehlertoleranz, denn während die formgebende Seite schwierig zu bearbeiten ist, können die Seiten- und Bodenflächen leicht nachgefräst werden. Bei dem Freiformsintern nach dem Stand der Technik treten bei der formgebenden Fläche nach dem Sintern Stauchungen und Verwerfungen und Ebenheitsabweichungen auf.

Aus der JP 07278608 A ist ein Verfahren zur Verhinderung der Deformierung eines Sinterteils bekannt. Bei diesem Verfahren wird das Sinterteil auf ein Keramikpulver gelegt und gesintert, wobei das weiche Sinterteil während des Sinterns nicht durch die Schwerkraft verformt wird, da es gleichmäßig durch das Keramikpulver gestützt wird.

Die JP 58-113302 beschreibt ein Sinterversfahren für das Pulversintern, bei dem das Grünteil in ein für Gase durchlässiges mit Keramikpulver gefülltes Gefäß aufgenommen wird, derart, daß das Grünteil eingebettet ist. Das Gefäß wird in einen Sinterofen eingebracht und wird beim Sintern durch das Keramikpulver gehalten.

JP 4-21704 offenbart ein Verfahren zum Sintern eines Grünteils aus einer Titaniumlegierung, das in ein CaO- oder ZnO<sub>2</sub>-Pulver eingebettet und in einem Sinterofen gesintert wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Freiformsintern eines Grünteils zur Erzeugung gesintertter Bauteile mit einer überkritischen Masse und/oder Geometrie zu schaffen, bei dem die bekannten Nachteile des Freiformsinterns bei der formgebenden Fläche eines Bauteils, insbesondere, hinsichtlich der starken Verformung, vermieden werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Hauptanspruchs gelöst.

Dadurch, daß das Grünteil mindestens mit seiner formgebenden Fläche und Seitenflächenbereichen in ein feinkörniges Material, das mit dem Grünteil bei Prozeßtemperatur keine Verbindung eingeht, eingepackt wird und daß das Grünteil mit der formgebenden Fläche nach unten gesintert

wird, können die Auswirkungen der ersten Phase des Sinterns, bei der die Partikel durch Rutschen und Gleiten umgelagert werden, und die stark von der Schwerkraft beeinflusst wird, da alle Teilchenbewegungen in Richtung der Schwerkraft ablaufen, auf die Unterseite des Bauteils verlagert werden, wo sie im Falle der Herstellung von Formhälften weniger stören. Auf diese Weise treten an der formgebenden Fläche keine Verformungen auf, und es sind keine Balligkeiten zu erkennen.

Mit der Erfindung wurde an einer Referenzgeometrie nachgewiesen, daß es möglich ist, sehr genaue Flächen zu erzeugen, wobei als Maß dafür die Balligkeit einer geraden Dichtfläche gelten kann. Mit dem Verfahren nach dem Stand der Technik konnten nur Flächen erzeugt werden, deren Balligkeit, d. h. Ebenheitsabweichung, schlechter als ca. 0,3 mm auf 200 mm Länge ist. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren konnten Werte unter 0,1 mm erreicht werden.

Durch die in den Unteransprüchen angegebenen Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen möglich.

Ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Die einzige Figur zeigt Verfahrensschritte a)–e) zur Herstellung des Bauteils.

Unter Zugrundelegung dieser Erkenntnis wird unter Bezugnahme auf die Figur das Verfahren zum Freiformsintern eines Grünteils 1 beschrieben, das beispielsweise ein Bauteil für Spritz- und Druckgußwerkzeugeinsätze ergeben soll. Entsprechend dem Schritt a) wird das Grünteil 1 in einen Tiegel 2 gestellt, wobei die formgebende Fläche 3 nach oben zeigt. Ggf. werden Hohlräume, wie z. B. Bohrungen, mit elastischem Material so verschlossen, daß beim anschließenden Verfüllen des Tiegels die Hohlräume nicht vollständig mit feinkörnigem Material ausgefüllt werden, da ansonsten Schrumpfungen mit der Folge von Rißbildungen behindert würden.

Der Tiegel 2 wird mit einem feinkörnigen Material aufgefüllt, das mit dem Sintermaterial bei den beim Sintern aufgetragenen Temperaturen keine Verbindung eingeht. Ein solches feinkörniges Material wird beispielsweise durch Keramikpulver gebildet. Das feinkörnige Material 4 wird verdichtet, und der Tiegel wird mit einem Deckel 5 so verschlossen, daß kein Hohlraum entsteht oder verbleibt. Dies ist in dem Schritt b) zu erkennen.

Entsprechend Schritt c) wird der Tiegel 2 um 180° gewendet, so daß die formgebende Fläche 3, die von dem feinkörnigen Material 4 eingeschlossen wird, nach unten zeigt. Entsprechend Schritt d) wird das nun obenliegende lösbare Bodenteil 6 des Tiegels abgenommen, so daß die der formgebenden Fläche 3 gegenüberliegende Fläche 7 freiliegt. Zur Erleichterung der Ausgasung kann noch etwas feinkörniges Material aus dem Tiegel 2 entfernt werden.

Anschließend wird der Tiegel in den Sinterofen gestellt und das Grünteil versintert. Entsprechend Schritt e) ist nach dem Sintern die freiliegende Fläche 7 etwas eingesunken, die formgebende Fläche 3 hat jedoch ihre Form und Konturen beibehalten.

Wenn das Grünteil bzw. das Bauteil größere Höhenunterschiede aufweist, die etwa bei Werten ab 10 mm–20 mm liegen, wird das Sintern zweistufig durchgeführt. In der ersten Stufe wird in der Anordnung entsprechend Schritt d) bei möglichst geringen Prozeßtemperaturen gesintert, wobei die Temperatur zwischen 0,4 Ts und 0,7 Ts (mit Ts ist die Schmelztemperatur des Basiswerkstoffs im Pulversystem gemeint) beispielsweise bei Stahl ca. 700°C beträgt. In dieser ersten Stufe wird ein geringer Sintergrad erreicht, bei dem kleine Materialbrücken zwischen den Teilchen entstehen, die ein gewisses Maß an Stabilität bzw. Fixierung der

Teilchen mit sich bringen. In der zweiten, nicht dargestellten Stufe wird das Bauteil durch erneutes Verschließen des Tiegels 2 mit dem Bodenteil 6 wieder um 180° gedreht und entsprechend Schritt b) "auf die Füße" gestellt, der Deckel 5 wird abgenommen und das Bauteil selbst befreit. Anschließend wird das Bauteil bei hoher Temperatur zwischen 0,7 Ts und 0,9 Ts versintert. Durch diese Maßnahme kann ein Verzug aufgrund unterschiedlicher Ausdehnungsverhalten von feinkörnigem Material, wie Keramikpulver, und dem gesinterten Bauteil weitgehend vermieden werden.

Das Sintern von Metallen wird vorzugsweise in einer reduzierenden Atmosphäre, z. B. mit Wasserstoff oder Wasserstoff-Stickstoff oder Wasserstoff-Edelgas durchgeführt. Dadurch werden die Oberflächen der Partikel von Oxiden und Resten des Bindemittels gereinigt und somit die Diffusion erleichtert.

mikropulver ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Freiformsintern eines Grünteils zur Herstellung von Sinterteilen mit formgebender Fläche, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Grünteil mindestens mit seiner formgebenden Fläche und Seitenflächenbereichen mit einem feinkörnigen Material, das mit dem Grünteil bei Prozeßtemperatur keine Verbindung eingeht, umgeben wird und daß das Grünteil mit der formgebenden Fläche nach unten gesintert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das feinkörnige Material zur Vermeidung von Hohlräumen verdichtet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Grünteil in einen Tiegel mit lösbarem Boden gestellt wird, wobei die formgebende Fläche nach oben zeigt, der Tiegel mit dem feinkörnigen Material aufgefüllt und verdichtet wird und anschließend ohne Hohlraum-bildung verschlossen wird, der Tiegel um 180° gewendet und der Boden abgenommen wird und anschließend in einen Sinterofen eingebracht wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erleichterung der Ausgasung ein Teil des feinkörnigen Materials vor dem Sintern entfernt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-4, dadurch gekennzeichnet, daß das Sintern in zwei Stufen durchgeführt wird, wobei in der ersten Stufe je nach Material des Grünteils zur Erreichung eines geringen Sintergrades eine niedrige Prozeßtemperatur zwischen 0,4 Ts und 0,7 Ts eingestellt wird und daß in der zweiten Stufe das mit geringem Sintergrad gesinterte Bauteil umgedreht wird, derart, daß die formgebende Fläche nach oben zeigt, das feinkörnige Material im wesentlichen entfernt und das Bauteil bei hoher Temperatur zwischen 0,7 Ts und 0,95 Ts versintert wird, wobei Ts die Schmelztemperatur des Basiswerkstoffs des Grünteils ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-5, dadurch gekennzeichnet, daß zum Sintern von Metallen eine reduzierende Atmosphäre hergestellt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß als reduzierende Atmosphäre Wasserstoff, Wasserstoff-Stickstoff oder Wasserstoff-Edelgas gewählt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-7, dadurch gekennzeichnet, daß das feinkörnige Material Kera-

